

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-133364

(43)Date of publication of application : 21.05.1999

(51)Int.Cl.

G02F 1/01

(21)Application number : 09-298614

(71)Applicant : NTT ELECTRONICS CORP
NIPPON TELEGR & TELEPH CORP
<NTT>

(22)Date of filing : 30.10.1997

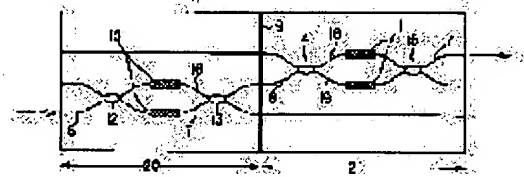
(72)Inventor : OKUNO MASAYUKI
KITO TSUTOMU
YAMAMOTO YASUSHI
KAWAI TAKESHI
KOGA MASABUMI
KAWACHI MASAO

(54) WAVEGUIDE TYPE OPTICAL VARIABLE ATTENUATOR

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a waveguide type optical variable attenuator which has high reliability and is small in size and has a satisfactory manufacturing property by providing plural Mach-Zehnder optical interference divide circuits in which optical waveguides are connected with a half-wave plate and heater electrodes provided in optical waveguides of the Mach-Zehnder optical interference device circuits to eliminate movable parts.

SOLUTION: The Mach-Zehnder optical interference device circuit 20 of a first stage is constituted of an input waveguide 6, heater electrodes 10, 3 db couplers 12, 13 and arm waveguides 16, 17. The Mach-Zehnder optical interference device circuit 21 of a second stage is constituted of an output waveguide 7, a connecting waveguide 8, heater electrodes 11, 3 db couplers 14, 15 and arm waveguides 18, 19. This waveguide type optical variable attenuator is constituted by connecting the Mach-Zehnder optical interference device circuit 20 of the first stage and the Mach-Zehnder optical interference device circuit 21 of the second stage through a half-wave plate 9. Then,



the phase difference between optical signals can be changed by changing heating quantities of arm waveguides 16-19 by the heater electrodes 10, 11 and an optical attenuation can be changed.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 30.10.1997

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 06.03.2001

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3337629

[Date of registration] 09.08.2002

[Number of appeal against examiner's decision of rejection] 2001-05307

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection] 05.04.2001

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-133364

(43)公開日 平成11年(1999) 5月21日

(51)Int.Cl.⁶

G 0 2 F 1/01

識別記号

F I

G 0 2 F 1/01

C

審査請求 有 請求項の数3 O L (全 7 頁)

(21)出願番号 特願平9-298614

(22)出願日 平成9年(1997)10月30日

(71)出願人 591230295

エヌティティエレクトロニクス株式会社
東京都渋谷区桜丘町20番1号

(71)出願人 000004226

日本電信電話株式会社
東京都新宿区西新宿三丁目19番2号

(72)発明者 奥野 将之

東京都渋谷区桜丘町20番1号 エヌティティ
エレクトロニクス株式会社内

(72)発明者 鬼頭 勤

東京都渋谷区桜丘町20番1号 エヌティティ
エレクトロニクス株式会社内

(74)代理人 弁理士 鈴江 武彦

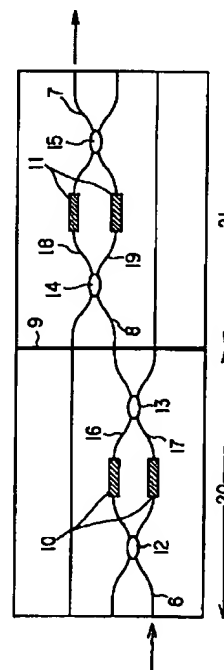
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 導波路型光可変減衰器

(57)【要約】

【課題】本発明の課題は、可動部分がなく信頼性が高く、小型で製作性が良い導波路型光可変減衰器を提供することにある。

【解決手段】本発明は、光導波路が1/2波長板を介して連結された複数のマッハツェンダ光干渉計回路と、前記マッハツェンダ光干渉計回路の光導波路に設けられたヒータ電極とを具備することを特徴とするものである。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 光導波路が1/2波長板を介して連結された複数のマッハツェンダ光干渉計回路と、前記マッハツェンダ光干渉計回路の光導波路に設けられたヒータ電極とを具備することを特徴とする導波路型光可変減衰器。

【請求項2】 光導波路の光強度を監視するモニター導波路を設けたことを特徴とする請求項1記載の導波路型光可変減衰器。

【請求項3】 光導波路として、石英系光導波路を設けたことを特徴とする請求項1又は2記載の導波路型光可変減衰器。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は光減衰量を任意に変えることが出来る導波路型の可変減衰器に関するものである。

【0002】

【従来の技術】近年、光ファイバ通信システムにおいては、光情報の分配のために多数の光分岐回路が用いられている。また、減衰した光を増幅するため光ファイバアンプを用いた光直接増幅器が多数使われている。前記光分岐回路の分岐バラツキを補償するため、あるいは前記光直接増幅器において、入力レベル変動がそのまま出力段へ現れないよう変動を補償する回路として図11(a), (b)に示す各種の光減衰器が開発されている。

【0003】図11(a)は減衰板を回転させることによって入射光が異なる減衰率の減衰板を通過することで減衰率を可変に出来る可変減衰器、図11(b)は一定の減衰量を与える固定減衰器である。図において、1は連続減衰板、2はステップ減衰板、3は減衰膜、4はロッドレンズ、5は光ファイバである。

【0004】すなわち、図11(a)に示すように、連続減衰板1は円盤状減衰板よりなり、円周部が円周に沿って漸次減衰率が変化するように形成されており、減衰板1を矢印方向に回転させることによって入射光が異なる減衰率の減衰板1を通過することで減衰率を可変に出来る。また、ステップ減衰板2は円盤状減衰板よりなり、円周部には減衰率を異ならせた複数の光通過窓201, 202, 203, ……が形成されており、減衰板1を回転させることによって入射光が異なる減衰率の光通過窓201, 202, 203, ……を通過することで減衰率を可変に出来る。また、固定減衰器は図11(b)に示すように、減衰膜3が形成されたロッドレンズ4の両端に光ファイバ5を連結することにより、光ファイバ5からの入射光がロッドレンズ4を通過することで一定の減衰量を与えることが出来る。

【0005】しかしながら、従来の可変減衰器では、機械的に減衰量を制御するため高速の制御が困難であると

ともに、可動部分を有するため信頼性の点で問題である。さらに、減衰板などのバルク部品を使用するため、小型化が困難であるという問題があった。一方、固定減衰器は小型で、高信頼な部品であるが、一定の減衰率しか与えられないので、光ファイバ通信システムに採用する際の柔軟性に欠ける点が問題であった。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】本発明は上記の事情に鑑みてなされたもので、可動部分がないため信頼性が高く、小型で製作性が良い導波路型光可変減衰器を提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために本発明の導波路型光可変減衰器は、光導波路が1/2波長板を介して連結された複数のマッハツェンダ光干渉計回路と、前記マッハツェンダ光干渉計回路の光導波路に設けられたヒータ電極とを具備することを特徴とするものである。

【0008】また本発明は、上記導波路型光可変減衰器において、光導波路の光強度を監視するモニター導波路を設けたことを特徴とするものである。また本発明は、上記導波路型光可変減衰器において、光導波路として、石英系光導波路を設けたことを特徴とするものである。

【0009】

【発明の実施の形態】以下図面を参照して本発明の実施の形態例を詳細に説明する。図1は本発明の一実施形態例に係る導波路型光可変減衰器の構成説明図である。図において、6は入力導波路、7は出力導波路、8は連結導波路、9は1/2波長板、10, 11はヒータ電極、12, 13, 14, 15は3dBカプラ、16, 17, 18, 19はアーム導波路、20は1段目のマッハツェンダ光干渉計回路、21は2段目のマッハツェンダ干渉計回路である。

【0010】すなわち、入力導波路6は3dBカプラ12によりアーム導波路16, 17に結合される。このアーム導波路16, 17にはそれぞれヒータ電極10が設けられる。前記アーム導波路16, 17は3dBカプラ13により連結導波路8に結合され、この連結導波路8は3dBカプラ14によりアーム導波路18, 19に結合される。このアーム導波路18, 19にはそれぞれヒータ電極11が設けられる。前記アーム導波路18, 19は3dBカプラ15により出力導波路7に結合される。前記入力導波路6、ヒータ電極10、3dBカプラ12, 13、アーム導波路16, 17より1段目のマッハツェンダ光干渉計回路20が構成され、前記出力導波路7、連結導波路8、ヒータ電極11、3dBカプラ14, 15、アーム導波路18, 19より2段目のマッハツェンダ光干渉計回路21が構成される。前記1段目のマッハツェンダ光干渉計回路20と2段目のマッハツェンダ光干渉計回路21が1/2波長板9を介して連結さ

れて導波路型光可変減衰器が構成される。

【0011】しかして、光信号は入力導波路6に入力され、3dBカプラ12によりアーム導波路16、17に伝送される。前記アーム導波路16、17はそれぞれ対応したヒータ電極10により加熱されることにより熱光学効果に起因する位相差を光信号に与える。前記アーム導波路16、17に伝送された光信号は3dBカプラ13により連結導波路8に伝送され、3dBカプラ14によりアーム導波路18、19に伝送される。前記アーム導波路18、19はそれぞれ対応したヒータ電極11により加熱されることにより熱光学効果に起因する位相差*

*を光信号に与える。前記アーム導波路18、19に伝送された光信号は3dBカプラ15により出力導波路7に伝送され外部に出力される。したがって、ヒータ電極10、11によりアーム導波路16、17、18、19の加熱量を変えることにより光信号の位相差を変えることができ、光減衰量を変えることができる。1段目及び2段目のマッハツェンダ光干渉計回路20、21の光透過係数 η_1 、 η_2 は次式によって与えられる。

【0012】

【数1】

$$\eta_1 = -2j \sin \theta_1 \sqrt{1 - \sin^2 \theta_1} \cos \phi_1 \quad (1)$$

$$\eta_2 = -2j \sin \theta_2 \sqrt{1 - \sin^2 \theta_2} \cos \phi_2 \quad (2)$$

【0013】ここで、 ϕ_1 、 ϕ_2 はマッハツェンダ光干渉計回路20、21のアーム導波路16と17及び18と19の熱光学効果に起因する位相差、 $\sin \theta_1$ 、 $\sin \theta_2$ は1段目と2段目のマッハツェンダ光干渉計回路20、21を構成する3dBカプラ12、13、14

※4、15の結合率を示す。したがって、導波路型光可変減衰器全体の透過係数 η は

【0014】

【数2】

$$\eta = \eta_1 \eta_2$$

$$= -4 \sin \theta_1 \sqrt{1 - \sin^2 \theta_1} \sin \theta_2 \sqrt{1 - \sin^2 \theta_2} \cos \phi_1 \cos \phi_2 \quad (3)$$

となる。

★て導波路型光可変減衰器全体の透過係数 η は

【0015】1段目と2段目のマッハツェンダ光干渉計回路20、21が同一の場合、(3)式から、連結導波路8に挿入された1/2波長板9の偏波変換効果によ

【0016】

【数3】

$$\eta = \eta_{TE} \eta_{TM}$$

$$= -4 \sin \theta_{TE} \sqrt{1 - \sin^2 \theta_{TE}} \sin \theta_{TM} \sqrt{1 - \sin^2 \theta_{TM}} \cos \phi_{TE} \cos \phi_{TM} \quad (4)$$

となるため、3dBカプラ12、13、14、15の結合率の偏波依存性、さらに熱光学効果に起因する位相差の偏波依存性が解消出来ることが分かる。特に、石英系光導波路は低損失でかつ光ファイバとの整合性も良好な特徴を有する一方、Si基板からの応力複屈折によって

☆3dBカプラの結合率等に偏波依存性があるという欠点を有していたが、本構成によってその問題点を解決することが出来る。

【0017】また、導波路型光可変減衰器の光出力は、3dBカプラの結合率を

$$\sin^2 \theta_{TE} = \sin^2 \theta_{TM} = 0.5 \quad (5)$$

とすれば、(4)式から

$$\eta = -\cos \phi_{TE} \cos \phi_{TM} \quad (6)$$

となり、熱光学効果によって誘起される位相差に依存する。

◆ヒータ電極による熱光学効果を用いているため可動部分を全く含まず、高い信頼性が期待できる。

【0018】したがって、光減衰量はmsecオーダーの高速な時間応答特性が得られることが分かる。さらに、

【0019】さらにまた、平面基板上に形成した導波回路によって機能を実現しているため小型であり、生産性

が良好であり、他の分波回路等に集積化できるという利点を有する。

【0020】

【実施例】

【実施例1】図2は本発明に係る導波路型光可変減衰器の第1の実施例を示す構成説明図である。図2において、図1と同一構成部分は同一符号をもって表す。すなわち、6は入力導波路、7は出力導波路、8は連結導波路、9は $1/2$ 波長板、10、11はヒータ電極、22、23、24、25は方向性結合器型3dBカプラ、16、17、18、19はアーム導波路、20は1段目のマッハツェンダ光干渉計回路、21は2段目のマッハツェンダ光干渉計回路である。すなわち、本発明の第1の実施例は3dBカプラとして方向性結合器型3dBカプラ22、23、24、25を用いた例である。

【0021】図3は本発明の第1の実施例に係る方向性結合器型3dBカプラの一例を示す構成説明図である。すなわち、一方の光導波路36と他方の光導波路37は一部分が $2\mu\text{m}$ 間隔に接近して方向性結合器型3dBカプラ38が形成される。しかして、一方の光導波路36の入力端から入力された光信号は方向性結合器型3dBカプラ38で結合されてそれぞれの光導波路36及び光導波路37の出力端から出力される。

【0022】このような光回路を作製するには次の手順による。先ず、Si基板上に火炎堆積法によって SiO_2 下部クラッド層を堆積し、次に TiO_2 または GeO_2 をドーパントとして添加した SiO_2 ガラスのコア層を堆積した後に、電気炉で透明ガラス化した。次に、コア層をエッチングして、所定の光導波路を形成し、最後に、 SiO_2 上部クラッド層を堆積した。作製した光導波路はコア寸法 $7\times 7\mu\text{m}$ 、比屈折率差0.75%とした。

【0023】図4は本発明の第1の実施例に係る光可変減衰器のヒータ電流と光減衰量の依存性を示す。同図より、光減衰特性に偏波依存性のないことが分かる。この結果、偏波依存性がない光可変減衰器を実現できた。

【0024】【実施例2】図5は本発明に係る導波路型光可変減衰器の第2の実施例を示す構成説明図である。図5中、図2と同一部分は同一符号を付してその説明を省略する。図5において、26、27、28、29は多モード干渉型3dBカプラである。すなわち、第2の実施例では第1の実施例の方向性結合器型3dBカプラ22、23、24、25を多モード干渉型3dBカプラ26、27、28、29で置き換えた構造とした。

【0025】図6は多モード干渉型3dBカプラの構造の一例を示す構成説明図である。すなわち、一方の光導波路39と他方の光導波路40は一部分が接近して形成され、この光導波路39と光導波路40の接近した部分には幅W、長さLの多モード干渉型3dBカプラ41が形成される。しかして、一方の光導波路39の入力端か

ら入力された光信号は多モード干渉型3dBカプラ41で結合されてそれぞれの光導波路39及び光導波路40の出力端から出力される。Sは多モード干渉型3dBカプラ導波路間隔で、 $9\mu\text{m}$ 程度である。したがって、本発明の第1の実施例の方向性結合器型3dBカプラ38では導波路の間隔を $2\mu\text{m}$ に保つ必要があるが、本発明の第2の実施例では多モード干渉型3dBカプラ導波路間隔Sを $9\mu\text{m}$ 程度と大きくすることが出来る。

【0026】図7(a)、(b)、(c)は本発明の第2の実施例に係る構造パラメータに対する多モード干渉型3dBカプラの結合率依存性の一例を示す特性図であり、図7(a)は構造パラメータWと結合率の関係を示す特性図、図7(b)は構造パラメータLと結合率の関係を示す特性図、図7(c)は構造パラメータSと結合率の関係を示す特性図である。すなわち、構造パラメータW、L、Sに対する製造トレランスが平坦なため、製作性が良好である。この結果、生産性の良好な光可変減衰器を実現できた。

【0027】【実施例3】図8は本発明に係る導波路型光可変減衰器の第3の実施例を示す構成説明図である。図8中、図2と同一部分は同一符号を付してその説明を省略する。図8において、30、31、32、33はY分岐回路である。すなわち、第3の実施例では第1の実施例の方向性結合器型3dBカプラ22、23、24、25をY分岐回路30、31、32、33で置き換えた構造とした。

【0028】図9は本発明の第3の実施例に係るY分岐回路の一例を示す構成説明図である。すなわち、入力側の光導波路42はY分岐回路45で出力側の光導波路43と44に分岐される。しかして、入力側の光導波路42の入力端から入力された光信号はY分岐回路45で分岐されて出力側の光導波路43、44のそれぞれの出力端から出力される。

【0029】本発明の第3の実施例に係るY分岐回路では波長依存性がないため広帯域な光可変減衰器を実現できた。

【実施例4】図10は本発明に係る導波路型光可変減衰器の第4の実施例を示す構成説明図である。図10中、図1と同一部分は同一符号を付してその説明を省略する。図10において、34はパワー分岐用カプラ、35はモニター導波路である。すなわち、第4の実施例では図1の入力導波路6にパワー分岐用カプラ34を形成してモニター導波路35を設け、このモニター導波路35により入力導波路6の光強度を監視する構造とした。本発明の第4の実施例の構成ではモニター導波路35を有することによって、光入力レベルを監視出来るので、より高精度に光可変減衰器を制御できる。

【0030】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、平面基板上に連結した2段のマッハツェンダ光干渉計回

7

路の連結部に1/2波長板を挿入した構成としたことにより、信頼性が高く、小型で製作性が良い導波路型光可変減衰器を提供出来る利点がある。更にまた、導波路型デバイスであるため、複数の可変減衰器を集積化することが可能であり、小型化の効果は一層顕著になる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施形態例に係る導波路型光可変減衰器を示す構成説明図である。

【図2】本発明の第1の実施例に係る導波路型光可変減衰器を示す構成説明図である。

【図3】本発明の第1の実施例に係る方向性結合器型3dBカプラの構造の一例を示す構成図である。

【図4】本発明の第1の実施例に係る導波路型光可変減衰器のヒータ電流と光減衰量の依存性の一例を示す特性図である。

【図5】本発明の第2の実施例に係る導波路型光可変減衰器を示す構成説明図である。

【図6】本発明の第2の実施例に係る多モード干渉型3dBカプラの構造の一例を示す構成図である。

【図7】本発明の第2の実施例に係る構造パラメータに対する多モード干渉型カプラの結合率依存性の一例を示す特性図であり、(a)構造パラメータWと結合率の関係を示す特性図、(b)構造パラメータLと結合率の関係を示す特性図、(c)構造パラメータSと結合率の関係を示す特性図である。

【図8】本発明の第3の実施例に係る導波路型光可変減衰器を示す構成説明図である。

【図9】本発明の第3の実施例に係るY分岐回路の構造

8

の一例を示す構成図である。

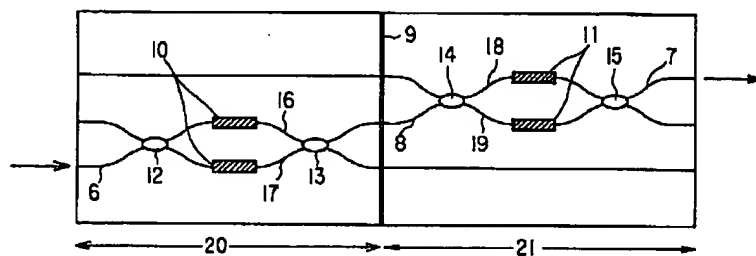
【図10】本発明の第4の実施例に係る導波路型光可変減衰器を示す構成説明図である。

【図11】従来の光減衰器を示す構成説明図であり、(a)は可変減衰器、(b)は固定減衰器である。

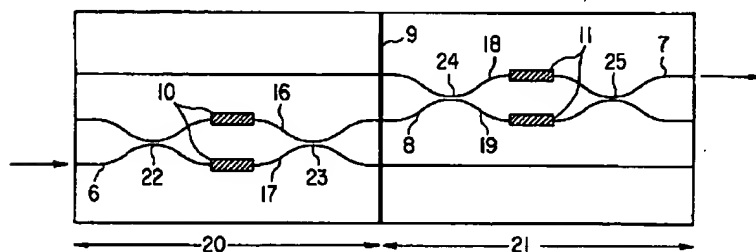
【符号の説明】

- | | |
|----------------|-------------------|
| 1 | 連続減衰板 |
| 2 | ステップ減衰板 |
| 3 | 減衰膜 |
| 10 | 4 ロッドレンズ |
| 5 | ファイバ |
| 6 | 入力導波路 |
| 7 | 出力導波路 |
| 8 | 連結導波路 |
| 9 | 1/2波長板 |
| 10, 11 | ヒータ電極 |
| 12, 13, 14, 15 | 3dBカプラ |
| 16, 17, 18, 19 | アーム導波路 |
| 20 | 1段目のマッハツェンダ光干渉計回路 |
| 21 | 2段目のマッハツェンダ光干渉計回路 |
| 22, 23, 24, 25 | 方向性結合器型3dBカプラ |
| 26, 27, 28, 29 | 多モード干渉型3dBカプラ |
| 30, 31, 32, 33 | Y分岐回路 |
| 34 | パワー分岐用カプラ |
| 35 | モニター導波路 |

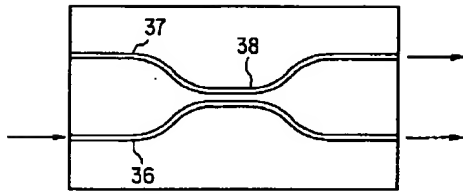
【図1】



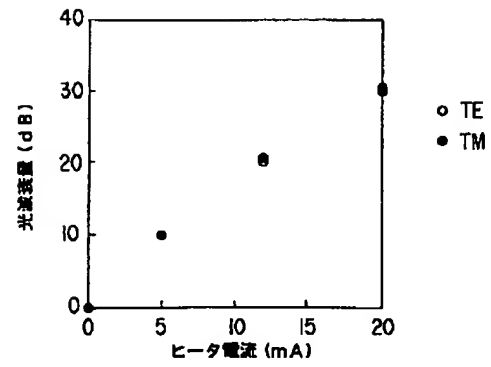
【図2】



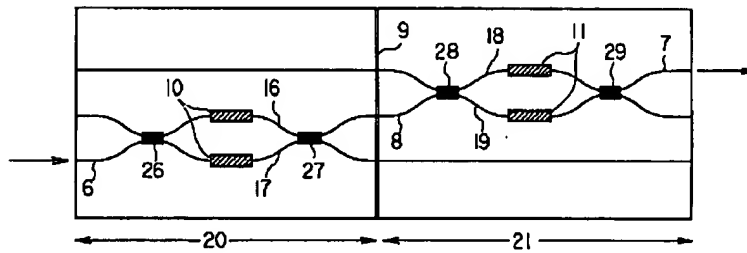
【図3】



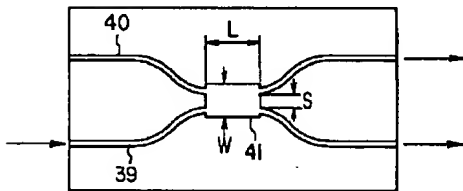
【図4】



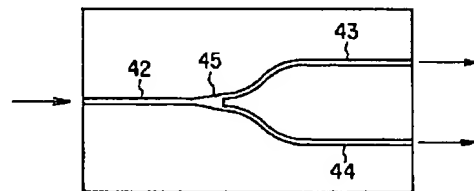
【図5】



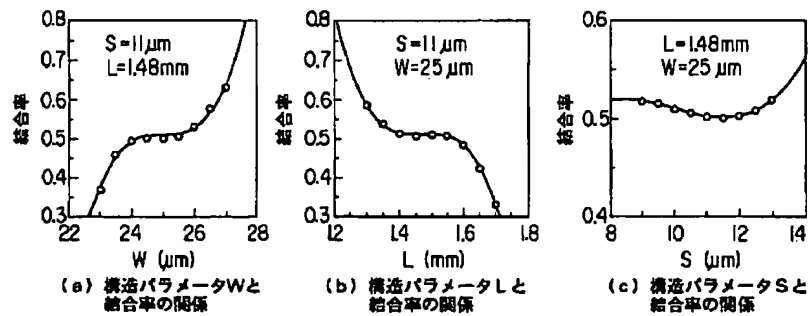
【図6】



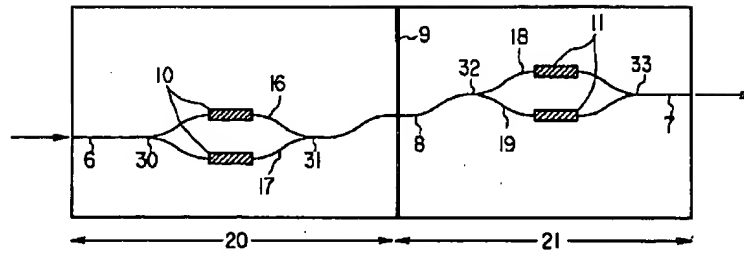
【図9】



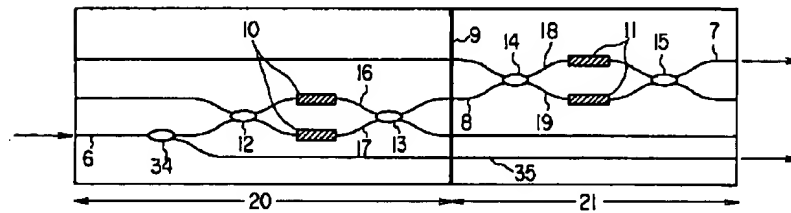
【図7】



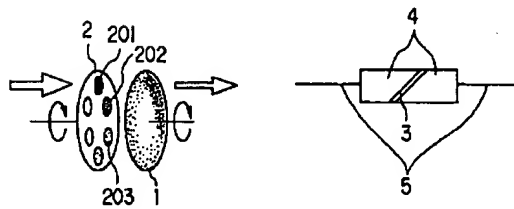
【図8】



【図10】



【図11】



(a) 可変減衰器

(b) 固定減衰器

フロントページの続き

(72)発明者 山本 靖
東京都渋谷区桜丘町20番1号 エヌティ
ィエレクトロニクス株式会社内

(72)発明者 河合 武司
東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本
電信電話株式会社内

(72)発明者 古賀 正文
東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本
電信電話株式会社内

(72)発明者 河内 正夫
東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本
電信電話株式会社内